

TARTU ÜLIKOOL
MATEMAATIKA-INFORMAATIKA TEADUSKOND
Arvutiteaduse Instituut
Infotehnoloogia eriala

Gajali Veeroja

**RAHVUSVAHELISTE KOOLIROBOOTIKA
ÕPPEMATERJALIDE ÜLEVAADE JA EESTINDAMISE
VÕIMALUSED**

Bakalaureusetöö (6 EAP)

Juhendaja: Anne Villem
Kaasjuhendaja: Taavi Duvn

Autor: “.....” mai 2012
Juhendaja: “.....” mai 2012
Kaasjuhendaja: “.....” mai 2012

Lubada kaitsmisele
Professor: “.....” mai 2012

TARTU 2012

SISUKORD

SISSEJUHATUS	3
1. ÜLEVAADE UURITAVATEST LEGO MINDSTORMS EDUCATION MATERJALIDEST ..	5
1.1. Robotics Engineering Volume 1.....	6
1.2. Robotics Engineering Volume 2.....	16
1.3. Robotics Project Themes.....	22
1.4. Science and Data Logging	23
2. LEGO MINDSTORMS EDUCATION MATERJALIDE ANALÜÜS	27
2.1 Huvi	28
2.2 Arusaadavus / Jõukohasus.....	29
2.3 Asjakohasus / Sobivus	31
3. NÄIDISTUNNIKAVA	34
KOKKUVÕTE.....	38
SUMMARY.....	39
KASUTATUD KIRJANDUS	40

Sissejuhatus

Tehnoloogiad, sealjuures ka robotite ehitamise ja kontrollimise võimalused, levivad maailmas üha kiiremini. Nüüdseks on ka infotehnoloogia alal mitte nii pädeval inimesel võimalus valmis ehitada üks või isegi mitu tehnoloogilist robotit, mis käituvad tema soovide järgi ja pakuvad erinevaid viise ehitaja potentsiaali rakendamiseks. Kahjuks on enamus juhendmaterjalidest võõrkeeles ja need, kes sellega tegeleda tahavad, peavad täiendama ennekõike oma keeleteadmisi. Üks erandeid on LEGO MINDSTORMS NXT robot, mis oma loomult on paindlik ja võimaldab väga erinevas vanuses ning erineva teadmusega inimestel end robotika vallas rakendada.

LEGO MINDSTORMS NXT robotite jaoks on loodud palju eestikeelseid abimaterjale [8], ka paljud bakalaureusetööd sisaldavad endas erinevaid kirjeldusi ja ülesandepüstitusi, mis aitavad NXT robotite erinevaid komponente ja nendega seonduvaid füüsikaseadusi selgeks saada. Sellele vaatamata on olemas veel suures mahus just koolidele mõeldud kasulikke ingliskeelseid materjale, mille kohta pole teada, kas nad arvestavad Eesti koolide ainekavu. LEGO MINDSTORMS Education on koostöös Carnegie Mellon Robotics Academy-ga loonud suures mahus erinevaid hariduslikke materjale robotite kasutamiseks just koolides. LEGO enda poolt on toodetud MINDSTORMS projektiga seoses 13 raamatut [2], aga antud koostöö tulemusena valmis terve põhikooli ja keskkooli õppekava LEGO MINDSTORMS NXT robotikomplektide baasil [3]. Osa selles koostöös loodud materjalidest on ka antud bakalaureusetöö uurimise aluseks.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on antud ingliskeelsed materjalid süsteemselt läbi töötada, koostada ülevaade nende pakutavatest võimalustest ning analüüsida, mil viisil ja mis mahus mingit osa sellest annaks eestikeelsete materjalide puhul kasutada. Järgnevas peatükis täpsustataksegi olemasolevaid materjale ning nende sisu. Lisaks tehakse hilisemas peatükis analüüs, mille tulemusena antakse materjalidele hinnang nende sobivuse suhtes Eesti ainekavadesse.

Lisaks eelmainitule, on bakalaureusetöö teine eesmärk kokku panna mõned tunnikavad [9], mis toetuksid antud töös uuritavatele materjalidele. Tunnikava sisaldab endas tunniks planeeritud materjali, mis on mõeldud ennekõike abistava ja informeerivana. Sinna on märgitud nii õpilase

kui ka õpetaja poolsed tegevused kogu õppetunni jooksul. Suure tähtsusega on materjalide selgus, sest need peavad antud kontekstis arvesse võtma nii õpilaste kui ka õpetajate programmeerimise ja robotika alaste teadmiste taset. Enne põhiosa juurde liikumist veel segaduse vältimiseks natuke selgituseks robotist, mille kohta antud materjalid käivad

Projektis kasutatavate robotite[1] ajuks ehk keskseks juhtimiselemendiks on NXT põhiplokk, kus paiknevad protsessor, mälu ja seadmete ühendamise pesad. NXT on nagu LEGO klots, mis kontrollib roboti käitumist. Sinna salvestub programmeerija tehtud programm, mille järgi robot end ümbritsevat analüüsib ja otsuseid teeb. Selleks, et robotit kontrollivaid programme luua, pakub LEGO välja graafilise kasutajaliidesega tarkvara (NXT-G), mis ei oota kasutajalt programmikoodi kirjutamist, vaid pakub, ideoloogilises mõttes, roboti programmi kokku ehitamist klotsidest. Tarkvaraga on kaasas juhendid roboti ehitamiseks ja selle programmide loomiseks ning lisaks on võimalik juurde muretseda ka suurtes kogustes lisamaterjale. Kaasatulevad materjalid on inglisekeelsed.

1. Ülevaade uuritavatest LEGO MINDSTORMS Education materjalidest

Robotite Arendamise Ja Uurimise (RAJU) keskus, mis väga aktiivselt tegeleb asjatundlike eestikeelsete materjalide tekitamise ja levitamisega Eestis, omab osa LEGO MINDSTORMS Education ja Carnegie Mellon Robotics Academy koostöös loodud materjalidest andmekandjate (CD/DVD plaat vm) peal, aga puudub täpsem teadmine nende sisust ja kasutusvõimalustest. Siinkohal olgu ära toodud nimekiri materjalidest andmekandjate kaupa - esituse järjekord on juhuslik:

1. Robotics Engineering Vol2 Disk1
2. Robotics Engineering Vol2 Disk2
3. Robotics Engineering Vol2 (mac)
4. Robotics Engineering Vol1 Teacher
5. Robotics Engineering Vol1
6. Robotics Project Themes
7. Science and Data Logging

Alljärgnevalt esitatakse täpsem ülevaade sellest, millised materjalid on kasutada ja mida need endas sisaldavad. Erinevalt traditsioonilistest paberkujul raamatutest, on selle töö uurimismaterjalid koos lisadega kokku pandud litsentseeritud plaatide peale ja sisaldavad endas lõpptulemusena veebilehtede kogumit. Veebilehed sisaldavad palju abistavaid ja õpetlikke videoid, interaktiivseid robotikomponentide tutvustusi, PDF failidel töölehti ning muid juhendavaid tekste ja pilte. Kõik need andmekandja on koostatud terve arvutiklassi varustamise valmidusega - see tähendab, et näiteks ühe plaadi pealt saab materjalid paigaldada kõikidesse klassi arvutitesse, sest litsents ei piira võimalusi ühe arvutiga. Operatsioonisüsteemidest sobib nii Windows kui ka Mac OS.

Iga plaadi peal on peaausjalikult üks või kaks põhiprogrammi, millega paigaldatakse õppekomplekt arvutisse. Komplektide kasutamiseks on vajalik internetibrauser, CD/DVD-plaadi lugeja, rakendus PDF failide avamiseks ning Flash Player videote ja interaktiivsete piltide

kasutamiseks. Igal plaadil on lisaprogrammidena olemas PDF jaoks Adobe Reader ning interaktiivse multimeedia jaoks Adobe Flash Player programm. Põhiprogrammi käivitamise järel on kasutajal arvutis komplekt HTM faililaiendiga faile, koos interaktiivse meediaga - nende kuvamiseks ongi vajalik brauser.

Iga komplekt sisaldab endas mingit kindlat arvu erinevaid projekte - algajatele on neid ühes komplektis rohkem. Õpilased peavad ühe projekti jooksul õppima tundma mingit roboti funktsionaalsust, näiteks rattad ja liikumine. Tulemuste saavutamiseks on igas projektis püstitatud erinevaid ülesandeid ja esitatud küsimusi, mis nõuavad katsetusi, katse jälgimist ja loogilisi järeldusi, saamaks õigeid vastuseid. Edasijõudnute komplektis on juba raskemad projektid, kus on vaja paremat analüüsivõimet ning oskusi keerulisemaid ülesandeid lahendada. Eelduseks on arusaam programmi koostamisest, liikumaks selle keerukamaks muutmise juurde. Tagasiside õpetajale tuleb komplektis sisalduvate töölehtede ja projekti päeviku näol. Kõige lõpuks on igas komplektis veel nõ toetav osa, kus lisaks programmi koostamise õpetustele on piltide abil täpselt näidatud, mis nimele mingi roboti komponent vastab ning kuidas on võimalik erinevaid komplekti osi ühendada.

Iga komplekt paigaldatakse arvutisse kahe erineva rakendusena - üks õpilasele ja teine õpetajale. Igal rakendusel on olemas kodulehekülg, kust edasi saab liikuda kõikidele teistele paigaldamisega tekitatud alamkategoria lehtedele. Pea iga kodulehe ülaservas on kolm või enam menüüpunkti, mis jagavad komplekti loogilisteks osadeks. Iga menüüpunkti alt avanevad erinevad alamkategoria lehed. Näiteks õpetaja materjalid sisaldavad üldjoontes kursuse ettevalmistavat osa, kursuse ülesehitust ja tutvustust ning lõpuks tundide või õpilasprojektide sisu. Õpilase osas on õpetaja osale vastavate kursuste ülesannete materjalid ja õpetused. Järgnevalt iga komplekti sisust lähemalt.

1.1. Robotics Engineering Volume 1

Nagu ülal mainitud, paigaldatakse üks komplekt arvutisse eraldi nii õpilase kui ka õpetaja rakendusena. Antud komplekt on selle koha pealt erandlik, sest õpetaja osa arvutisse paigaldama ei pea, see käivitub otse plaadi pealt. Komplekt on algajatele õpilastele, kellel ei pea olema varasemaid robotika teadmisi. Ainult osa komplektist on otseselt õppetundideks jaotatud - nimelt komplekti projektide alajaotus. Esimeste tundide jaoks on tehtud ettevalmistav sektsioon,

mis õpilase rakenduses vastab alajaotusele Sissejuhatus (menüüpunkt *Introduction*). Sellele pole antud ajakulu hinnangut nagu projekti tegevustele, seetõttu on see iga õpetaja enda paika panna, palju sellele aega peaks kulutama. Siiski on komplekti tutvustuses öeldud, et tööd on 18 õppetunni jagu. Sissejuhatav seksioon koosneb kolmest osast:

1. Kiire alguse juhendid (*Quickstart*) - sellest osast on samal teemal juhendmaterjalide valik kahte tüüpi - videod ja PDF kujul kokkuvõtte failina. Sisuks on NXT patareide vahetamine ja komponentide üldine tutvustus, esimese lihtsa testroboti ehitamine (Joonis 1) ja lõpuks selle esmane testimine.
2. Ülesannete kasutamine (*Using the Lessons*) - video, mis selgitab õppetundide materjalide ülesehitust ja kasutusvõimalusi ning läbimise korda.
3. Programmeerimise tarkvara kasutamine - video, mis õpetab, kuidas programmi koostamiseks vajalikku rakendust avada ja sellega erinevaid ülesannetes vajaminevaid asju teha (õige menüüpaletti valimine, vajaliku komponendi programmile lisamine jms)

Videotel on ka ingliskeelsed subtiitrid, mis pakub võimaluse neid vajadusel tõlkida, jättes heli ingliskeelseks.

Quickstart Sequence > Build Testbed


Materials

1 NXT Brick, 1 Sound Sensor, 1 Servo Motor, 2 NXT Wires, 2 Black Rubber Balloon Tires, 2 Gray Hubs, 1 Long Axle

Video

Building the Testbed

1. Place the black rubber balloon tires over the gray hubs
2. Push the axle through your motor so approximately $\frac{1}{2}$ sticks out on either side
3. Add a tire/hub combination to each side of the axle
4. Take one of your NXT wires and plug it into the back of your motor
5. Plug the other end of the motor's wire into Port C on the top of the NXT
6. Plug the second NXT wire into the back of the sound sensor
7. Plug the other end of the sound sensor's wire into Port 2 on the bottom of the NXT

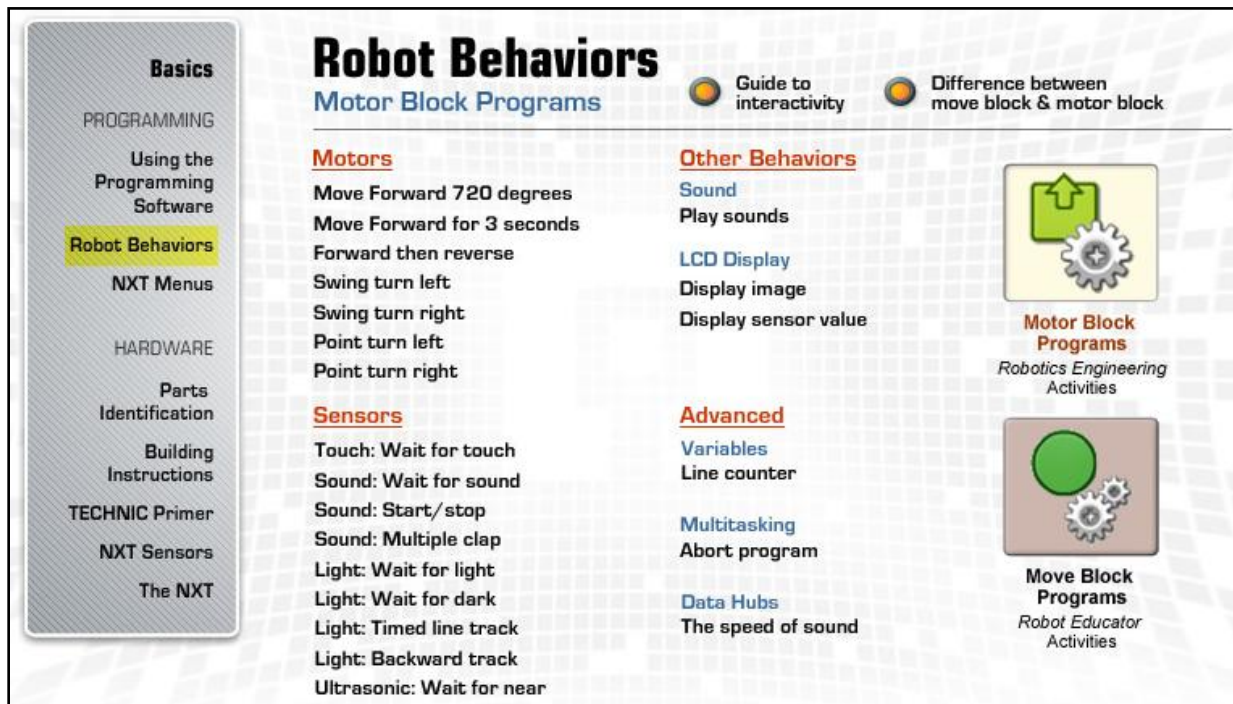


Joonis 1 Esimese testroboti ehitamise PDF juhend *Robotics Engineering Vol 1* komplektis

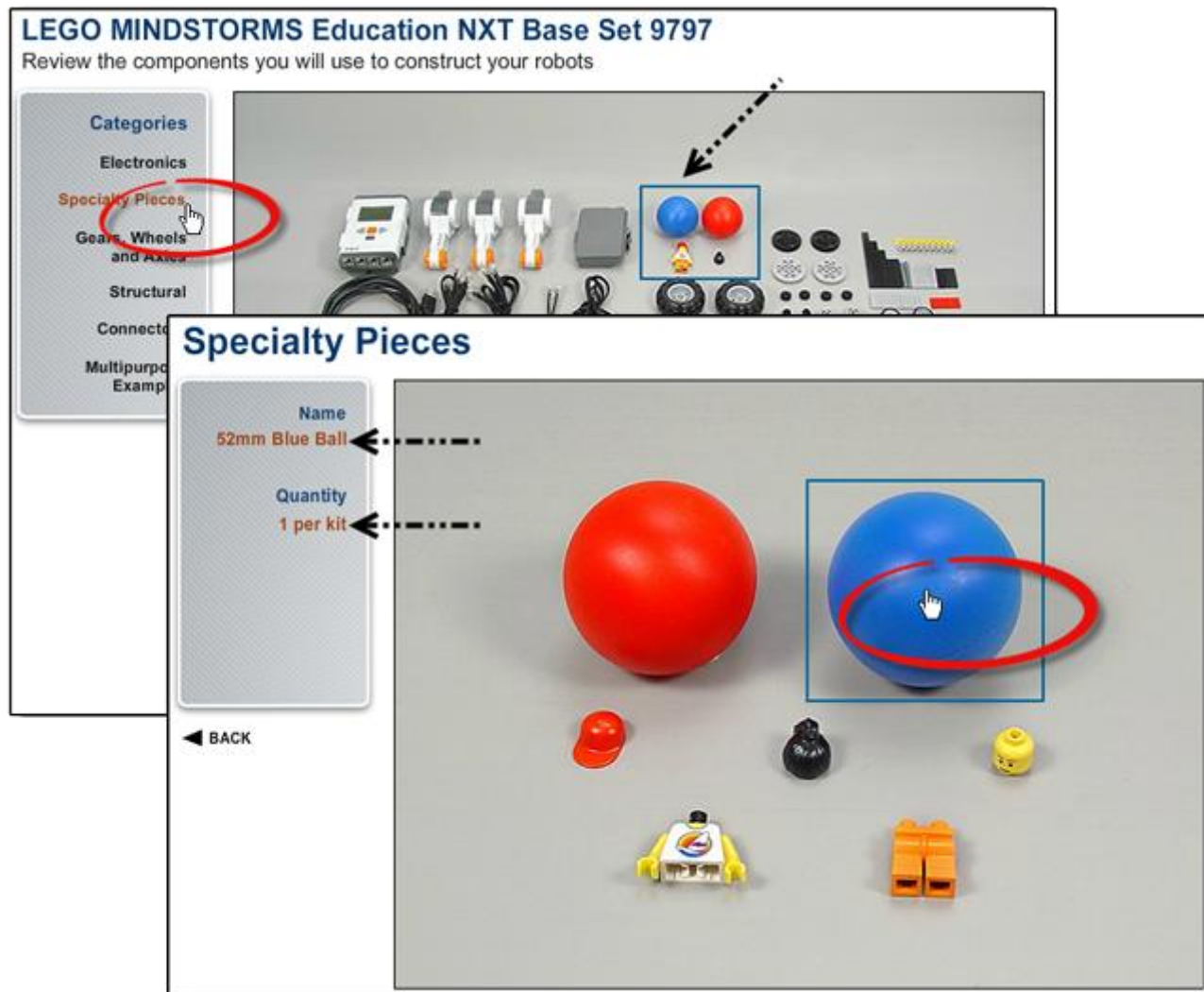
Järgmine õpilase jaoks mõeldud alamjaotus on Baasteadmised (*Basics*). Antud osas on materjalid, mille juurde õpilane võiks erinevaid ülesandeid täites uuesti tagasi pöörduda. Antud jaotuse sisuks on :

1. Programmeerimine

- a. Programmi loomise tarkvara kasutamine (sama video, mis sissejuhatavas osas)
- b. Roboti käitumisviisid (*behaviours*) (Joonis 2) - iga käitumisviisi nimele hiirega klikkides avaneb uues brauseriaknas interaktiivne juhend (Joonis 3), mis näitab programmist loodud (klikitavate) piltidena, kuidas antud käitumisviisi saavutada.
- c. NXT menüüd - juhendvideod erinevatest tegevustest, mida NXT juhtpaneeliga teha saab. (Programmi käivitamine, anduri väärtuste vaatamine, failide kustutamine, peamenüüsse tagasi liikumine, hääle muutmine ja NXT välja lülitamine)



Joonis 2 Robotics Engineering Vol 1 roboti käitumisviiside ülevaade

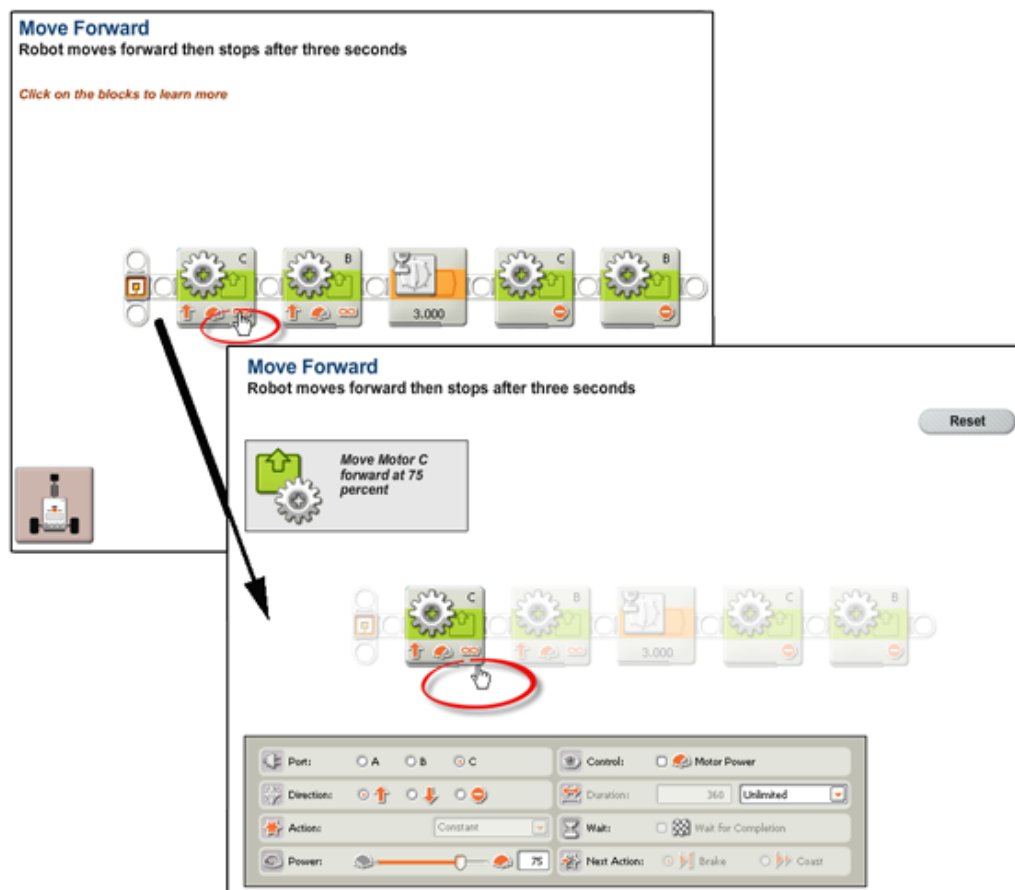


Joonis 3 Robotics Engineering Vol 1 roboti 3 sekundit edasi liikumise programmi juhend

2. Riistvara

- a. Riistvara osade tutvustus - uues aknas avatud interaktiivne piltide ja täpsustustega varustatud juhend (Joonis 4)
- b. Ehitusjuhendid - kahe baasmudeli (*Taskbot* ja *Robot Educator Model*) kokku panemise juhendid piltidega, kus tegevused ja sammud on numbriliselt järjestatud - igas sammus on üks kuni kolm tegevust. Juhendid algavad nummerdatud ülevaatega vajalikest osadest ja jätkuvad ehitusjuhustega. Lisaks sellele on samas stiilis juhendid mitmest komponendist, mida saab ühe baasmudeli (*Taskbot*) külge kinnitada - kokku 12 lisakomponenti.

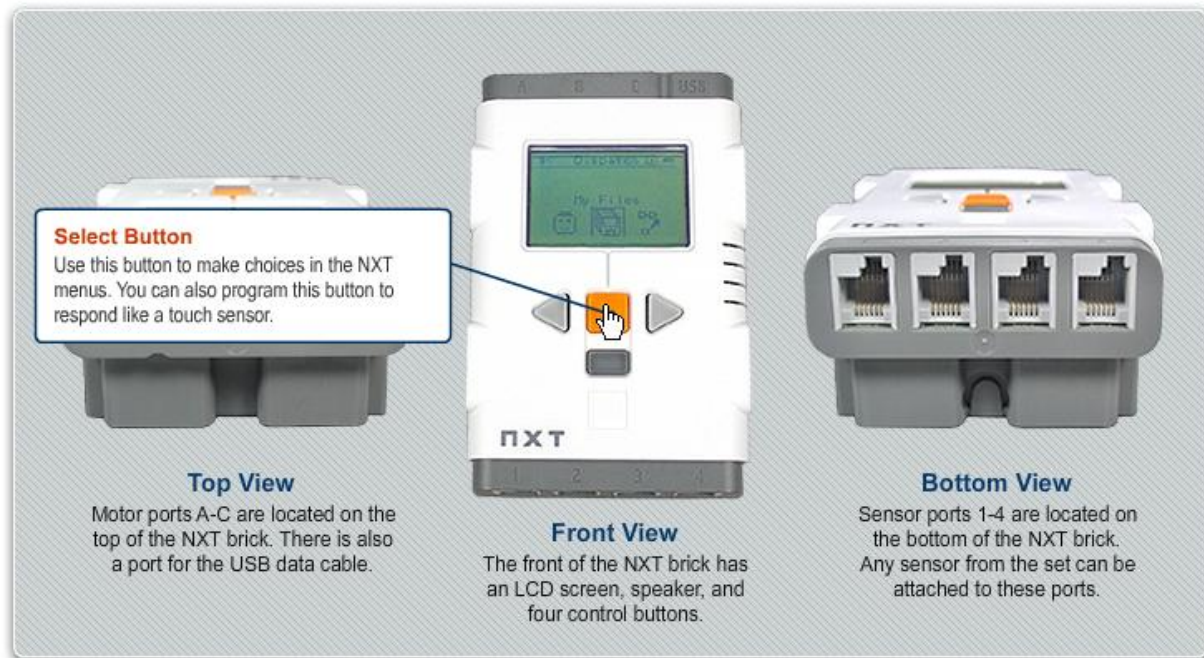
- c. Ehitamise tehnikad (*TECHNIC Primer*) - mõningate baaskomponentide ehitamise juhendid, mis on kokku pandud interaktiivsetest piltidest ja nummerdatud sammudest koos mõne tulemust demonstreeriva videoga. Avaneb samuti uues brauseri aknas.
- d. NXT andurid - tutvustused (eraldi brauseriaknas), paigaldusjuhised (avab samad juhised, mis antud komponendile vastasid ülal ehitusjuhendite blokis) ja näiteprogramm (sama, mis vastavas käitumisviiside blokis) viie erineva baaskomplekti anduri kohta. Lisaks üks (eraldi avanev) lehekülg, mis tutvustab RCX andureid.
- e. NXT tutvustus - Interaktiivne uues brauseriaknas avanev pilt (Joonis 5), kus on ära toodud NXT klotsi alumine, ülemine ja esikülg. Hiirekursoriga erinevate NXT elementide peale liikudes kuvatakse tekstiaknana informatiivne tekst antud elemendi kohta.



Joonis 4 Robotics Engineering Vol I riistvara osade interaktiivne tutvustus - eriosad (*Speciality pieces*)

The NXT is the brain of the LEGO MINDSTORMS NXT System.

You can control sensors and motors by plugging them into the ports on the NXT, then writing programs and downloading them to the NXT.



Joonis 5 interaktiivne NXT riistvara komponendi tutvustus

Komplekti põhiosa moodustab 6 projekti, mis omakorda on kõik jaotatud kaheks etapiks - prototüübi tundma õppimine ja seoste uurimine (Tabel 1). Peale projekti tegevuste on eraldi osas ära toodud ka võimalikud lisategevused (robotile isiksuse loomine, hädaolukorra lüliti tekitamine, astmete vms lisade ära kasutamine) ja projekti lõputegevused (uurimusraporti kirjutamine - PDF juhendi abil, müügi-presentatsiooni loomine, koeravalvuri ehitamine ja programmeerimine - ülesandepüstitus on samuti PDF formaadis). Kõik lõputegevused eeldavad erinevat oskuste taset, seetõttu ei sobi iga tegevus iga projekti lõppu. Õpetaja peab sisu järgi hindama, millist tegevust valida või otsustada need üldse tegemata jätta.

Eelmainitud kuus projekti on tabelis 1.

Tabel 1 Robotics Engineering Vol I kuus projekti kahes osas

Projekti number	Tundma õppimise osa teema	Seoste uurimise osa teema
1.	Programmeeri robot edasi liikuma	Roboti liikumise distantssi kontrollimine
2.	Programmeeri robot pöörama	Pöördenurga kontrollimine
3.	Peata ja alusta roboti liikumist helisignaali peale	Uuri, mida heliandur registreerib
4.	Kasuta valgusandurit, et joont jälgida	Pane robot tagurpidi liikuma
5.	Avasta objekt erinevaid andureid kasutades	Laius (<i>breadth</i>), sügavus ja pimedad nurgad (<i>blind spots</i>)
6.	Programmeeri robot kiirendama	Proportsionaalsus ja mõõdetud kiirus

Iga projekti mõlema osa kohta on tehtud eraldi juhendid, mis on jaotatud etappideks. Esimene etapp on eesoleva ülesande seostamine reaalsusega (juurde lisatud ka demonstratsioonvideo). Teiseks etapiks on antud osa ülesande täitmine (programmi koostamine ja testimine), mis on realiseeritud eraldi sammudena, kus iga sammu kohta on oma video ja küsimused, mida peab kaasasoleval töölehel täitma. Keskmine hinnang mõlema osa täitmiseks kokku on loetud 6 - 8 õppetundi tööd, kestvusega 45 minutit. Siiski lisandub igale projektile erinev arv iseseisva töö tunde - ajajaotusest iga projekti puhul lähemalt tuleb vaadata õpetaja rakenduse projektikirjelduse dokumendist. Töölehele on antud link koostamise esimeses sammus. Kõikide projektide läbimiseks, peale kahe viimase, on võimalik valida kahe erineva roboti tüübi vahel (*Taskbot* ja *REM - Robot Educator Model*), millele on ka koost juhised. Peale ülesannete täitmist on järeltunde tegemise faas, kus küsitakse erinevaid küsimusi läbitud osa kohta - küsimused on mõeldud teadmisi kontrollima, mitte robotiga mingit lisaülesannet täitma. Viimane faas on lisaülesanne, näiteks kui põhitöö on olnud roboti liikumasaamine, siis lisaülesanne on programmeerida robot tagurpidi liikuma. Näide faaside ülesehitusest esimese projekti toel on esitatud joonisel 6.

Full Speed Ahead Personal Assistant Project

Lesson Helpers

Connect Construct 2 3 4 5 6 7 Contemplate Continue

Construct Phase

Goals

- Write a program to move the robot forward
- Transfer the program to the robot
- Run the program on the robot

Materials

TaskBot Personal Assistant Or REM Personal Assistant

Interaktiivne ehitusjuhend

PDF Tööleht

Worksheet

Open Worksheet

Joonis 6 Robotics Engineering Vol 1 esimese projekti esimese osa koostamise samm

Projekti teises osas püstitatakse hüpotees ja seejärel testitakse selle kehtivust kahes kuni kolmes erinevas etapis. Õpilasele esitatakse igas etapis mingi arv ülesandeid ühe tingimuse kontrollimiseks - näiteks esimeses projektis tehakse ühes etapis katseid väikeste ratastega ja teises etapis standardsetega. Peale kehtivuse testide läbimist on analüüsi ja järelduste samm, kus tuleb vastata paljudele erinevatele küsimustele, mis peaks demonstreerima, millises mahu eelnevast aru saadi.

Viimases alajaotus on kokku koondatud asjad eelnevatest osadest, mida projektide läbimise jooksul korduvalt vaja võib minna. Koondatud on kõikvõimalikud komplektis esinevad töölehed, lisatud viide ehitusjuhenditele, riistvara osade interaktiivne tutvustus ja PDF failiformaadis seitsmeleheküljeline piltidega kokkuvõte komplektis kasutatavast sõnavarast (Joonis 7).

Glossary continued

Torque: Roughly speaking, torque is the rotational equivalent of force. Whereas force causes an object to speed up or slow down its (linear) motion, torque causes an object to speed up or slow down its rotation. A motor that generates more torque will let the robot speed up or slow down more rapidly, as well as handle larger tires, heavier loads, and steeper inclines.

Touch Sensor: An NXT sensor that detects physical contact (touch) and reports back to the NXT whether its contact area is being pushed in or not.


Trough: The "bottom" of a wave on a graph. The point of greatest disturbance from the "rest" state in one direction (the one that corresponds to "downward" on the graph). See also "peak".

Ultrasonic Sensor: An NXT sensor that measures distance by emitting ultrasonic sound waves, then measuring how long it takes them to echo back off of objects or surfaces in the environment. The Ultrasonic Sensor then reports the calculated distance back to the NXT.

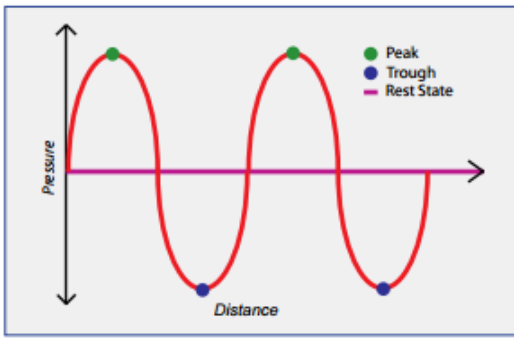
Uploading: Transferring data (usually gathered data) from the NXT to the computer. See also Downloading.

Variable (mathematics): A stand-in for a not-yet-known value in a

Touch Sensor



Trough

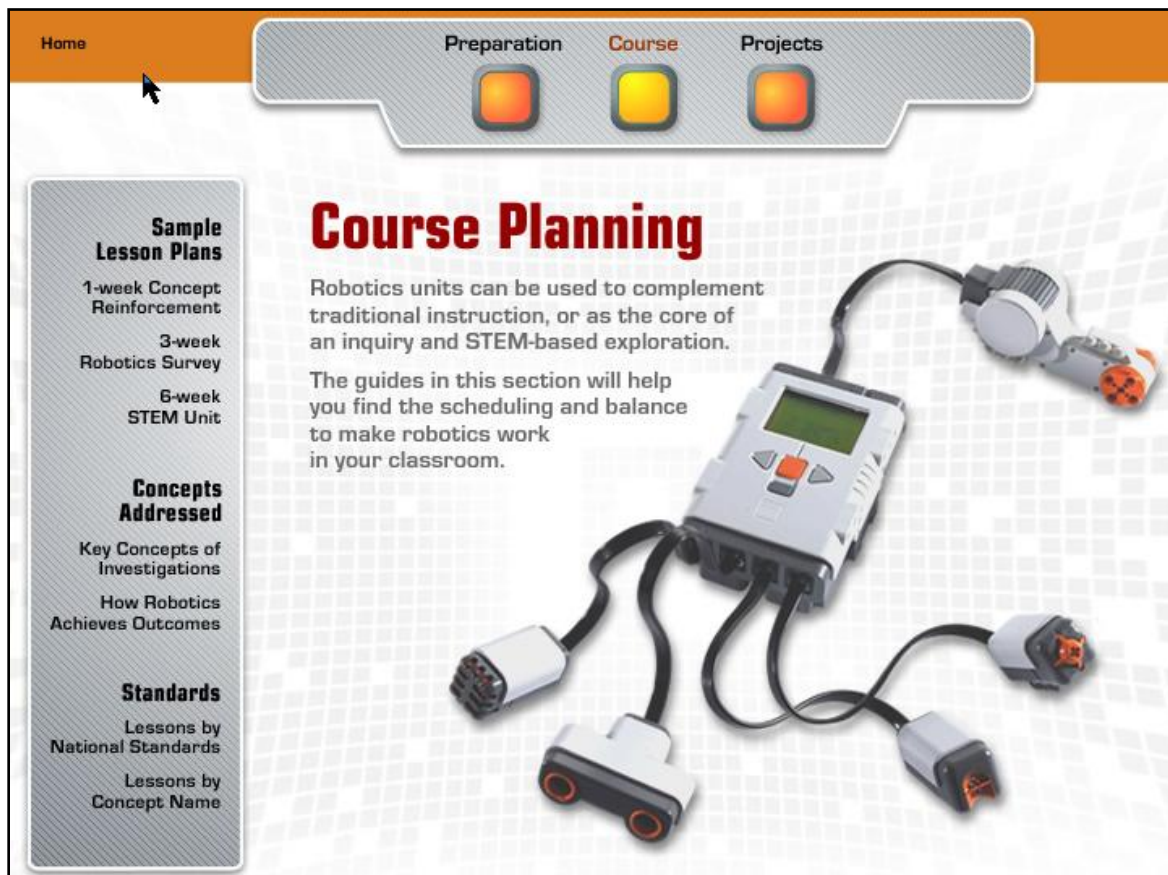


Joonis 7 lõik *Robotics Engineering Vol 1* komplekti sõnavara dokumendist

Õpetaja osas leiduvad mõningad lisad, mis õpilase rakenduses puuduvad. Alustuseks on sissejuhatuses tehtud tutvustav video, mis selgitab robotika kasulikkusest koolides ja erinevaid teadusalasid, mida robotika võimaldab õpetada. Välja on toodud erinevad eesmärgid, mida materjale luues silmas peeti, ning tehakse kokkuvõte sellest, mis kummagi osapoole rakendustes leidub. Lisaks eelmisele videole on õpetajal omaette kiiralguse video (*Quickstart*), mis keskendub komplekti videote kasutusvõimaluste selgitamisele - st mida mingid nupud teevad ja kuidas videos edasi või tagasi liikuda. Abiks on ka PDF kujul 7 leheküljeline nõ. meespea asjadest, mida oleks vaja teada enne robotika klassitunni läbiviimist. Sellest saab näiteks infot,

kuidas otsustada, millist robotit ja miks oleks hea kõige esimeses tunnis ehitada, või kas alustada projekti juba valmis ehitatud robotiga selle asemel, et lasta see õpilastele endil kokku panna. Viimaseks jaotuseks õpetaja toetusmaterjalidest on korduma kippuvad küsimused, mis omakorda jaguneb veel kolmeks viiteks - sagedasti tekkivad küsimused, mootori- ja liikumisplokkide (*Motor and Move Blocks*) võrdlus ning viide Carnegie Mellon Robotics Academy interaktiivsele robotika kommuunile.

Õpetaja materjalidele on lisatud ka kursuse kirjeldused ja valikuvariandid kursuse erinevaks läbiviimiseks (joonis 8). Välja on pakutud ühe-, kolme- ja kuuenädalane näitlik õppeplaan. Igale nädalale selles plaanis, on üldiselt arvestatud 1 projekt, mis tähendab et kuuenädalase plaani puhul läbitakse kokku kõik kuus materjalides pakutud projekti. Paanid on tehtud arvestusega, et ühe projekti läbimiseks kulub nädalas toimub kuus 45-minutilist õppetundi. Iga õppeplaan on kirjeldatud eraldi PDF failina. Ära on toodud ka erinevad kontseptsioonid, mida projektide käigus õpitakse ning milliste standardite järgi materjalid on koostatud.



Joonis 8 Robotics Engineering Vol 1 õpetaja rakenduse kursuse materjalide koondleht

Projektide osas on õpetaja lisades presentatsioonid, mida õpetajal on võimalik ise muuta. Need sisaldavad erinevaid soojendusülesandeid ja projekti ülevaadet. Täiendava dokumendina on ka kirjeldus sellest, kui palju projekt klassiruumi aega võtab, mis on projekti läbimise eelduseks, mida selle käigus õpitakse, mida võiks teada enne projekti alustamist ning milliseid asju on õpilastel võimalik teha selle projekti tulemusena. Hindamise abistamiseks õpetajale eraldi vastuste dokument õpilaste töölehtedel esitatud küsimustele ja olemas on ka tunnikontrolli jaoks küsimuste-vastuste komplekt. Järgnevalt vaadeldakse komplekti (*Robotics Engineering Vol 2*), mida saab kasutada peale antud komplekti läbimist.

1.2. Robotics Engineering Volume 2

Antud materjalid on mõeldud õpilastele, kellel “*Robotics Engineering Volume 1*” on läbitud. Nii õpetaja kui ka õpilase rakenduse paigaldamiseks on vaja kahte CD/DVD plaati. Peale esimese plaadi sisestamist ja avamist pakutakse eraldi variantidena nii õpilase kui ka õpetaja rakendust, aga paigaldamise käigus osutub mingil hetkel vajalikuks sisestada teine plaat. Lisaks sellele on eraldi plaat Mac OS-i jaoks ning seal on õpilase ja õpetaja osad ühel ja samal plaadil. Sarnaselt eelmisele punktile alustatakse kirjeldamist õpilase rakendusest.

Komplekti aluseks on kolm põhiprojekti, mida on võimalik läbida kas lihtsamal või raskemal tasemel. Projektide teemad on

1. kaevandus (*Automated Mining*) - eesmärk on ehitada robot, mis liiguks mööda T-kujulist kaevandusšahti (tunnelit) kuni ristuva käiguni, seejärel uuriks, kummale poole jääv käik on lühem ning teeks tulemuste põhjal otsuse liikuda edasi lühemasse ja selle lõpus seisma jääda. Tulemuseni jõudmiseks kasutatakse ultraheli andurit (*ultrasonic sensor*). Projekti lõpus lisäülesandena tuleks roboti programmis muuta ühte plokki selliselt, et robot valiks lühema käigu asemel pikema.
2. valvekoer (*Patrol Robot*) - eesmärk on ehitada robot, mis liiguks mööda koridori ja kontrolliks selle läbimise käigus tee peale jäävaid ukse, et teada saada, kas need on lahti või kinni. Kui robot leiab avatud ukse, peab ta seisma jääma ja tegema mingit heli, et sellest teada anda. Tulemuseni jõudmiseks kasutatakse puute- (*touch*), heli-, valguse- ja

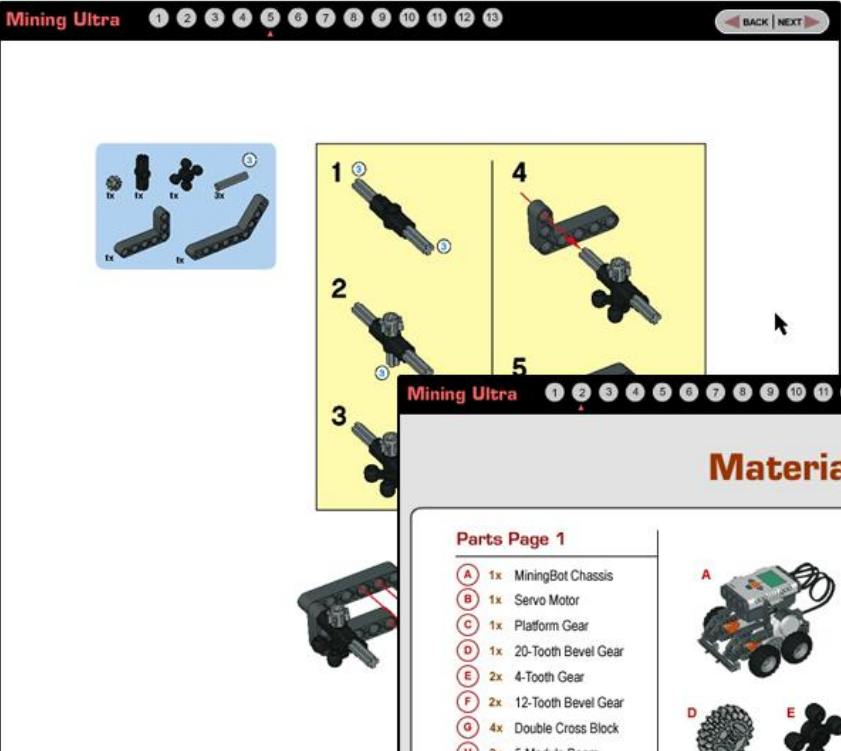
ultraheli andurit. Projekti lõpu lisaülesandena tuleks kahe valveroboti vahel tekitada *Bluetooth* ühendus selliselt, et kui üks avastab lahtise ukse, siis helialarmi asemel saadaks ta sõnumi teisele valverobotile.

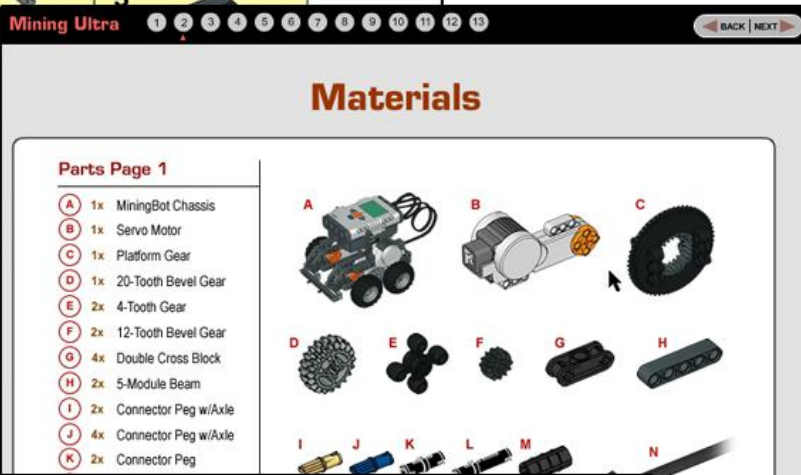
3. puumõõtmine (*Tree measurer*) - eesmärk on ehitada robot, mis mõõdaks võimalikult täpselt puutüve laiust, kasutades selleks puute- (*touch*) ja pöördeandurit (*rotation sensor*). Lisaülesandena projekti lõpus tuleks robotile lisada teine andur, et saada veel õigemad tulemust. Viimase ülesande juurde on toodud näide valgusanduri najal.

Iga projekti hinnanguliseks kestuseks loetakse kolm kuni viis klassitundi (ühe tunni kestus 45 minutit). See aeg kasvab, kui tehakse ka projekti lõputegevusi või lastakse õpilastel endil robotid algusest peale valmis ehitada. Projekti nimele klikkimine viib omakorda uuele detaillehele, mis kõigil kolmel projektil on ülesehituse poolest sama. Nimelt on iga projekti jaoks tehtud neli läbitavat sammu:

1. Roboti tegevuse seostamine päriseluga
2. Roboti konstrueerimine juhendite järgi
3. Järelduste tegemine koos sellekohaste ülesannetega
4. Lisaülesanne roboti käitumise keerukuse tõstmiseks.

Projekti nimele klikates suunatakse kasutaja protsessi esimesse sammu ja kuvatakse lehe ülaseravas protsessi järgnevaid samme numbrite või nimedega. Esimene samm koosneb ühest lehest, kus on tutvustav tekst ja video, mida ei saa kerida, pausile panna ega muud moodi kontrollida. Teine samm on jagatud alametappideks. Esimeses etapis saab juhendid vajaliku roboti ehitamiseks, töölehe, mida projekti jooksul täita ja ülevaate, mida projekti käigus tegema hakatakse. Näidet roboti ehitamisest ja selle abimaterjalidest võib näha jooniselt 9, kus on tegu kaevandusrobotiga. Edasised sammud programmeerimiseks ja muuks vajalikuks on videote abil kasutajale ette tehtud. Kolmandas, järelduste sammus, tuleb vastata küsimustele eelpool olevate tegevuste ja tulemuste kohta ning viimases neljandas sammus täita lisaülesanne, mida on lähemalt tutvustatud eespool iga projekti kirjelduses.









Automated Mining Project
BACK NEXT

Connect
Construct
2
3
4
5
6
Contemplate
Continue

Materials

Maze-Making Materials





Wood or cardboard

Construct Phase Goals and Materials

You will:

- Construct a robot with an independently-articulated Ultrasonic Sensor mount
- Program the robot to:
 - Drive along the 'stem' of a T-shaped mineshaft until it reaches the intersection
 - Get close enough that the Ultrasonic Sensor can see around the corner
 - Turn the Ultrasonic Sensor (without turning the rest of the robot) to measure the distance down both tunnels
 - Decided which tunnel is shorter
 - Drive down the shorter (unmined) tunnel until robot is at wall face



Tööleht

Open Worksheet

Joonis 9 Protsessi sammud kaevandusroboti projektis (*Robotics Engineering Vol 2*) ja juhendmaterjalid, mis avanevad pildil kursoriga viidatud kohas klikkides

Sarnaselt *Robotics Engineering Vol 1* komplektile, on ka antud komplektis baasteadmiste sektsioon. Siinkohal seda lähemalt ei kirjeldata, sest see sisaldab täpselt samu materjale, mida eelmises komplektis vastava teema all on juba kirjeldatud. Erinevalt aga eelmainitud komplektist, on käesolevas komplektis lisaks baasinfole veel edasijõudnute info sektsioon. Antud osa jaotus on järgnev:

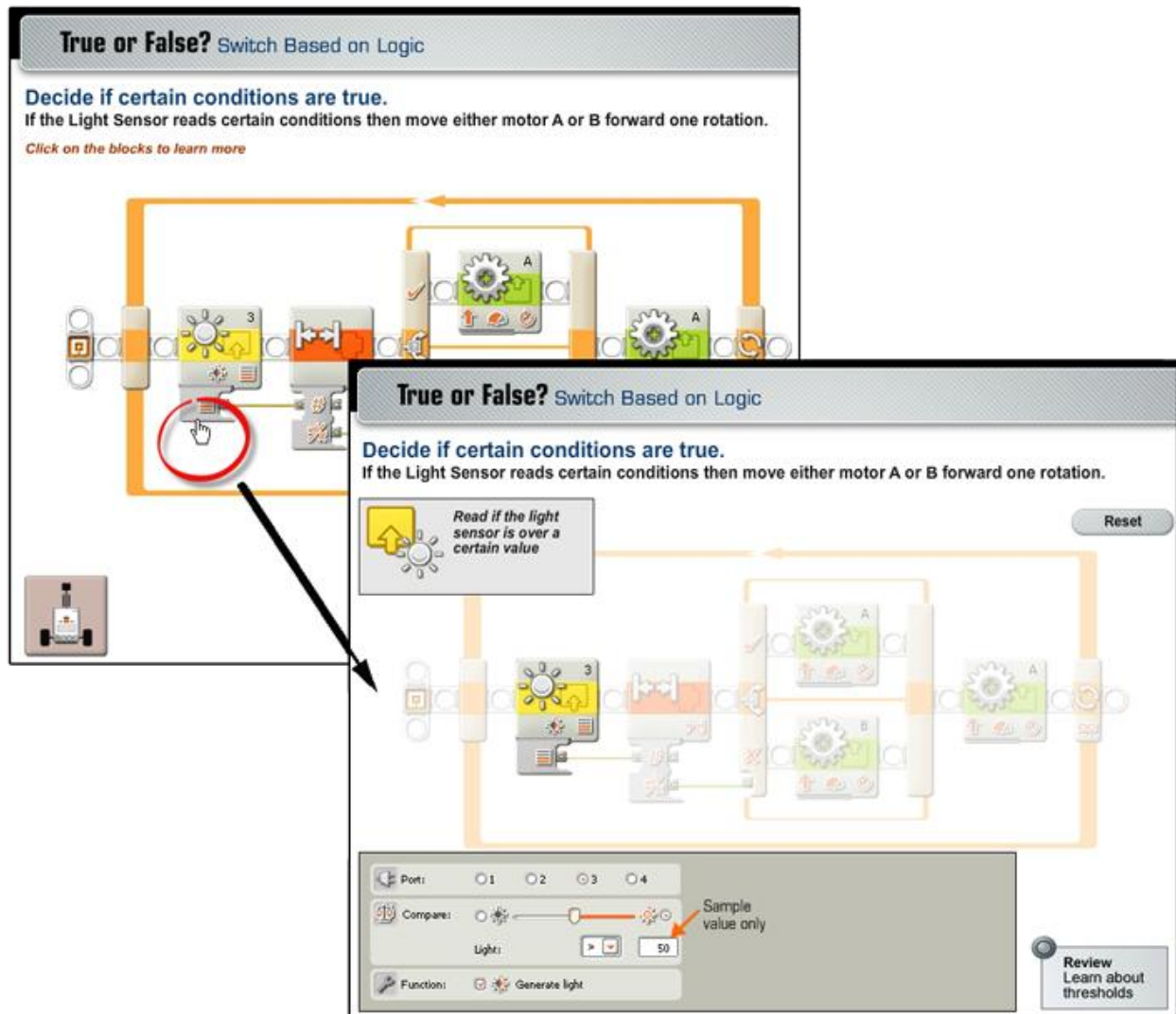
1. Programmeerimine - sisaldab mõistete selgitusi, mis koosnevad lühikirjeldusest, videotest ning mitmetest interaktiivsetest programminäidetest, nagu näha joonisel 10.
 - a. Tsüklid (*Loops*)
 - b. Valikublokid (*Switch blocks*)
 - c. Andmevoog (*Data flow*)
2. Teised kontseptsioonid - sarnaselt programmeerimise jaotusele ülal, on ka siin sektsioonis iga komponendi kohta lühikirjeldus ja interaktiivsed programminäited.
 - a. *Bluetooth*
 - b. Minu blokid (*My Blocks*)
 - c. Kalibreerimisblokid (*Calibrate Block*)
 - d. nn aktiivsuse säilitamise plokk (*Keep-alive Block*)
 - e. faili ligipääsuplokk (*File Access Block*)

Raskemal tasemel projekti läbimine tähendab reaalelulist tiimitööd konkreetse tellimuse ja nõuetega vastavuses oleva roboti ehitamiseks, millel on lisaks eelkirjeldatud baasprojektidele veel lisanõuded. Selle taseme projekte kirjeldab komplektis arendussektsioon (*Engineering*). Abiks on toodud ka üks näiteprojekt (*Red Team*), mis ei baseeru NXT robotil, aga demonstreerib hästi arendusprotsessi. Antud projektides on vaja läbi viia mitmeid projekti tegevusi, mida realselt arenduse alal töötavad tiimid teevad igapäevaselt. Vaja on:

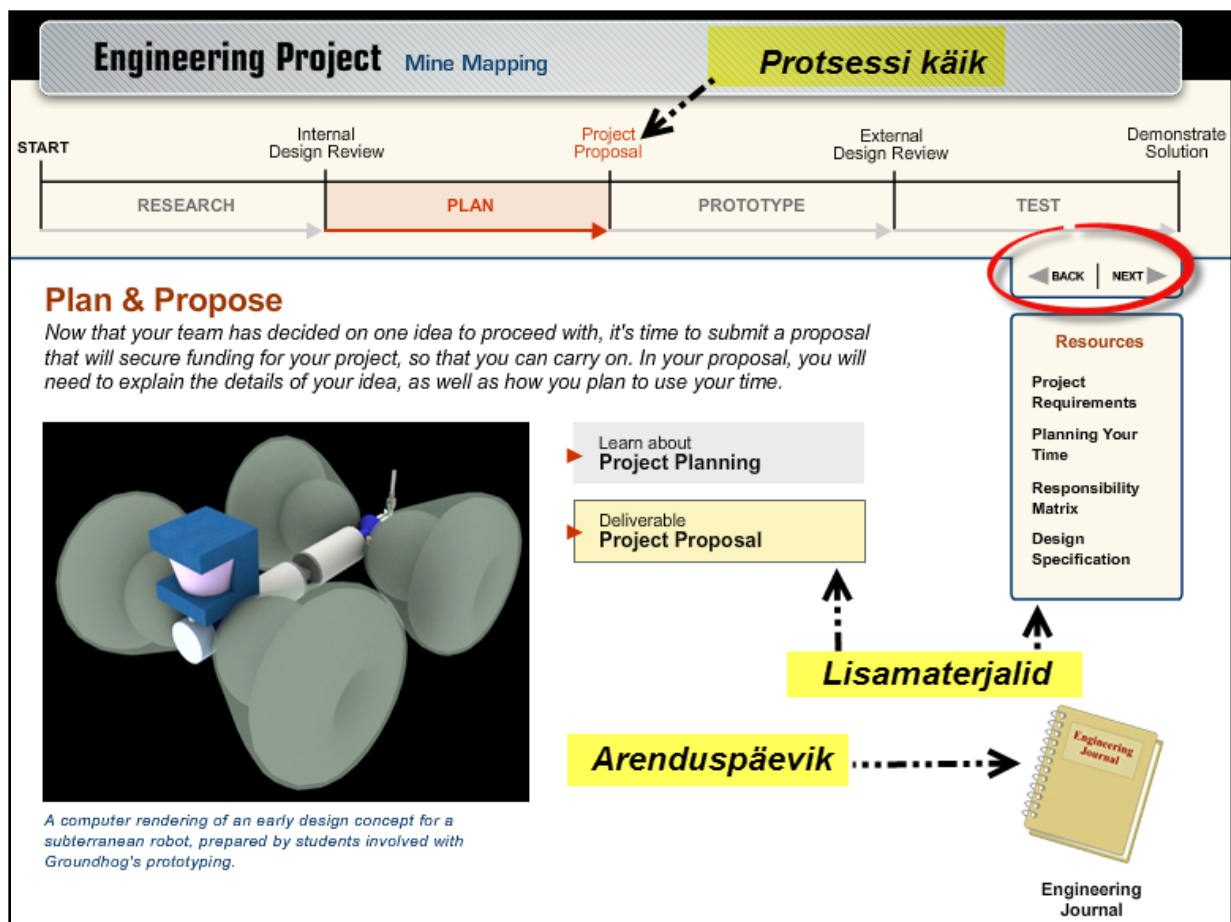
- läbi viia taustauuringut
- pidada päevikut iga tehtud sammu kohta - PDF juhend päeviku vormi ja sisu osas on lisatud projekti alguses ja uuesti viidatud igas sammus,
- järgida disainidokumenti,
- esitada projekti pakkumine,
- järgida tekitada nõuete dokumenti,

- luua ajaplaneerimise ja vastutusmaatriksi dokumendid,
- identifitseerida erinevad komponendid,
- luua prototüüp,
- läbi viia ja dokumenteerida teste,
- korraldada demonstratsioon esinemine,
- teha reklaampakkumine.

Ülevaadet raskema taseme projekti materjalidest võib näha joonisel 11.



Joonis 10 Robotics Engineering Vol 2 valikubloki (switch block) programmi interaktiivne näide



Joonis 11 *Robotics Engineering Vol 2* kaevandusroboti raskema taseme projekti arendusprotsessi planeerimise samm

Enne kõigi nende tegevuste juurde asumist on ettevalmistuseks olemas veel mõningad materjalid samas sektsioonis. Sissejuhatuseks on modifitseeritav presentatsioon, mis selgitab alustuseks, misasi on arendus, millistest põhiosadest koosneb arendusprotsess ja miks. Teises osas on kaks videot - arendusprotsessi vajalikkusest ja planeerimise sisust - ning lisaks veel PDF kujul kokkuvõtte arendusprotsessist. Samas teemas on ka näitlike PDF dokumentidena ära näidatud, milline uurimise, planeerimise ja muu vajalik dokumentatsioon peab töö käigus tekkima - sealhulgas näiteks ajurünnaku protokoll ja reeglid tiimikoosolekute läbiviimiseks.

Viimases jaotises (*References*) on sarnaselt *Robotics Engineering Vol 1* komplektile link töölehtedele, uuesti viide riistvara komponentidele ja ehitusjuhenditele ning link, mis avab PDF faili kujul mitmeleheküljelise sõnavara selgituse (antud juhul 14 lehekülge).

Õpetaja lisadest tutvustavat osa siinkohal lähemalt ei kirjeldata, sest see on ülesehituselt sama, mis *Robotics Engineering Vol 1* komplektis. Kursuse osa (menüüpunkt *Course*) sisaldab endas

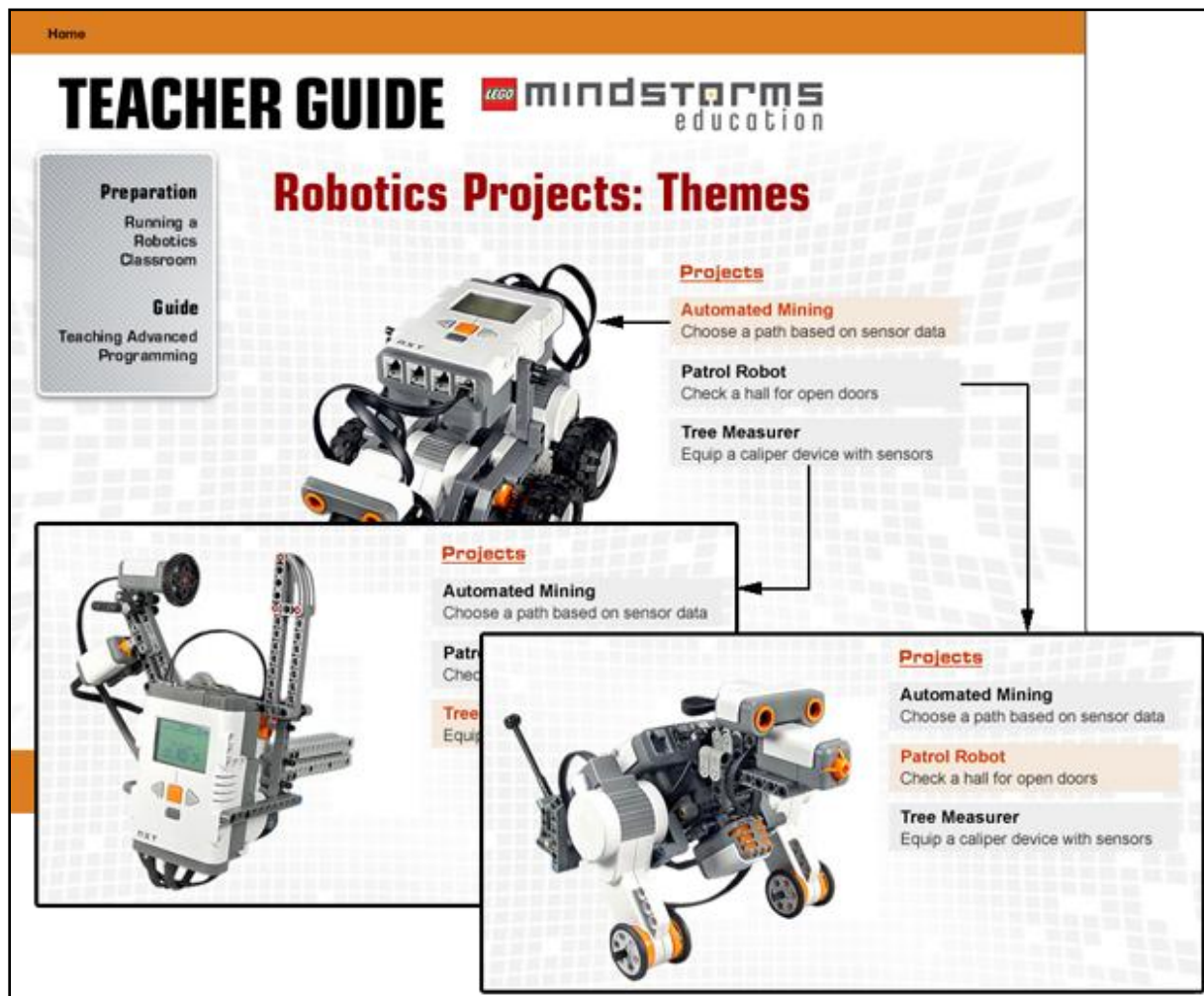
alustuseks kahte näiteks antud tunniplaani - 1 ja 3 nädalase projekti jaoks lihtsama taseme projektidest. Kolmenädalane näide võib olla kahte tüüpi. Üks võimalus on, et nädal kulutatakse projekti põhiosa peale, ja lisaks kaks nädalat võivad tulla projekti lõpus olevate jätkutegevuste tõttu. Teine variant on kolme nädalaga läbida kolm projekti, ilma jätkutegevusi tegemata. Kui õpilased (tiim) on väga motiveeritud, siis ideaaljuhul peakski kuluma 1 nädal (~5 õppetundi kestusega 45 minutit ja kodutöö) ühe projekti jaoks. Kolmenädalane ootab õpilastelt rohkem projekti- ja ajahaldust ning panustamist tiimitöösse. Õpilased peavad oma tegevuse dokumenteerima, analüüsima ning läbima lisategevusi pärast baasprojekti ülesandeid. Lisaks neile kahele näiteprojektile on eraldi osas ära toodud ka kasutusele tulevad kontseptsioonid, mille juures on kirjeldatud valdkonnad, mida projektid arendavad ja kuidas.

Viimane teemajaotis (*Lessons*) kuvab lehe, mis on loogiliselt jaotatud kahte veergu. Esimeses veerus on lingid kergema taseme projektidele, mille läbimiseks võib kuluda kuni 3 nädalat iga projekti kohta. Teises veerus on raskema taseme projektide (samuti hinnanguliselt kolm nädalat ajakulu) lingid ja neile lisaks veel erinevad projektipõhised lisainfo lingid, millest igaühe kohta/jaoks on tehtud eraldi töölehed ja ülesannet sissejuhatav *PowerPoint* esitlus. Iga projektiga on seotud ka töölehed.

1.3. Robotics Project Themes

See komplekt on mõeldud õpilastele ja õpetajale, kes omavad juba mingisugust baastasemel teadmist robotikast. Ühe plaadi peale on kokku pandud nii õpilase kui ka õpetaja rakendus, mis vajavad eraldi paigaldamist. Sellest osast väga detailset ülevaadet ei anta, sest sisu põhineb suures osas "*Robotics Engineering Vol 2*" komplektil. Antud komplektis on samade projektide kergema taseme variandid ning juhend- ja viitmaterjalid baas- ning edasijõudnud teadmistest. Allolev pilt (Joonis 12) demonstreerib antud materjalide õpetaja rakenduse esilehekülge ja selle

interaktiivsust.



Joonis 12 Robotics Project Themes õpetaja rakenduse esileht koos interaktiivsete näidetega kolmest valitavast projektist

Selle parempoolsel osal on üksteise all nimekirjas kolm projekti ning kui mõne nime kohale kursor viia, siis muutub tema taustavärv ja vasakul pool olev pilt - vastavuses on joonisele lisatud pildid nooltega. Nagu jooniselt välja võib lugeda, siis see on senistest antud töös uuritavatest materjalidest mahukuselt väikseim.

1.4. Science and Data Logging

Selle andmekandja peal on kokku pandud nii õpilase kui ka õpetaja rakendus mis paigaldatakse arvutisse ühe korraga. Sissejuhatus sisaldab endas videot antud komplekti tutvustamiseks. Lisaks on eraldi alajaotuses video järelpärimise ja uurimise olulisuse kohta temperatuuri mõõtmise

näitel ning kaheksasammuline videojuhend (tutorial) andmete kogumise, salvestamise ja uurimise kohta. Selle ülesande läbimiseks on mõeldud 2-4 liikmelised rühmad, kellel peaks kuluma 2-3 õppetundi 45 minutilise kestusega õppetüki läbimiseks. Eelnimetatud kaheksa sammu sisu on:

1. Alustatava juhendi ülevaade
2. Temperatuurianduri ühendamine ja LEGO MINDSTORMS Education NXT Data Logging tarkvara käivitamine
3. Eksperimendi loomine ja seadistamine
4. NXT ühendamine arvutiga, programmi käivitamine ja õhutemperatuuri andmete salvestamine
5. Punktanalüüsi (*Point Analysis*) ja sektsioonanalüüsi (*Section Analysis*) tööriista kasutamine
6. Temperatuurianduri käes soojendamine, teisese andmekomplekti kogumine, andmekomplekti ümber nimetamine ning programmi ja andmete salvestamine
7. Kvalitatiivsete tähelepanekute tegemine graafikutele baseerudes, aritmeetilise keskmise kasutamine andmete esindusväärtuse leidmiseks, kvantitatiivse erinevuse leidmine käe ja õhtu temperatuuride vahel
8. Graafilisel kujul (*Prediction Tool* pliiatsi režiimis) ennustuste tegemine teemal, mis juhtub, kui hoida temperatuuriandurit kahes käes, ja andmete kogumine, et ennustus testida.

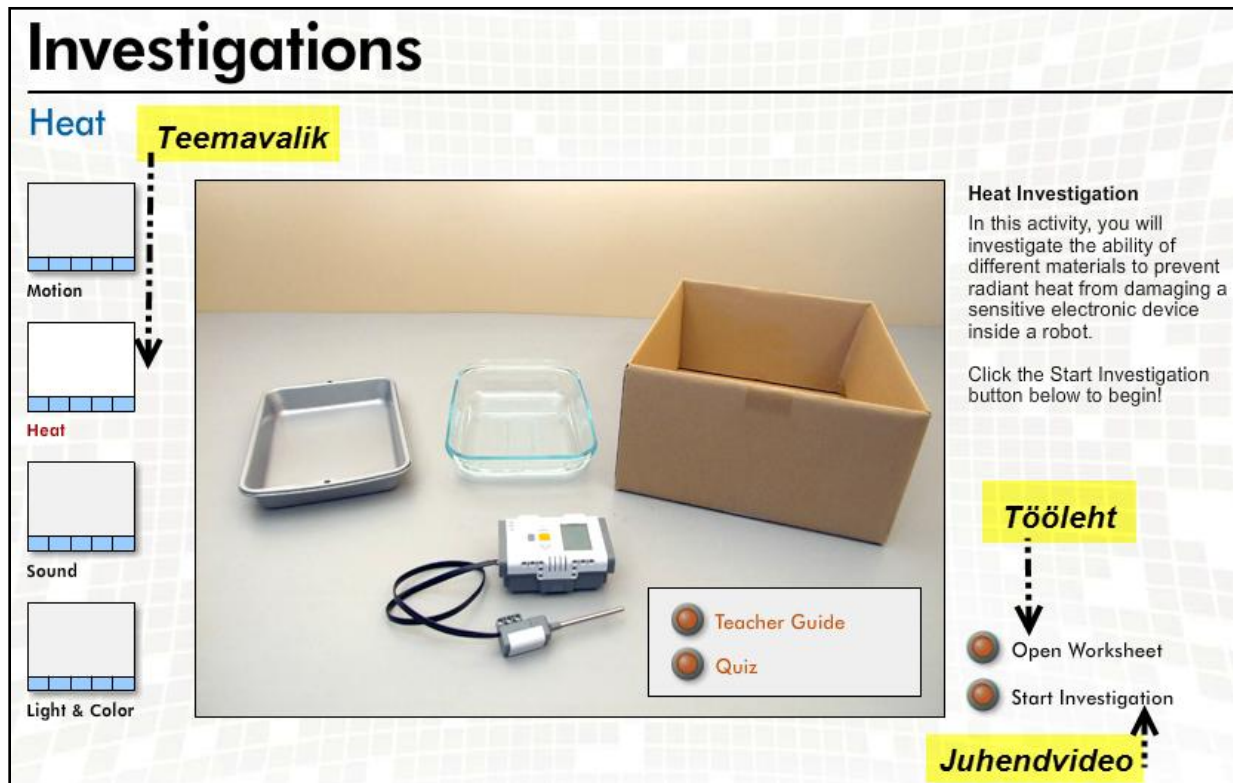
Uurimise osa materjalid on jagatud nelja alampunkti alla, kus leidub tööleht iga kategooria kohta ning komplekt videojuhendeid (mõningate toetavate PDF dokumentidega).

1. liikumine
 - a. Video ühest robotist võistlemas sõiduauto juhtimises (DARPA Urban Challenge), kus robot peab auto kiirust kontrollima vastavalt kiirusepiirangule.
 - b. Koostamise samm:
 - i. Liikumismudeli (Motion Model) roboti ehitamine PDF juhendi abil,
 - ii. programmi loomine, liikumisplukk (Move Block) 40% võimsusega liikumise saavutamiseks, seadistatud andmesalvestuse alustusplukk (*Start Datalog block*) ning seadistatud liikumisplukk roboti peatamiseks lõpus.

- iii. NXT arvutiga ühendamine, seejärel roboti seina lähedale asetamine ja programmi käivitamine. Peale seda tuleb koguda ultraheli anduri loetud andmed, eemaldada sealt veakirjed, koostada seksioonianalüüs ja näidata lineaarset sobivust (*Linear Fit*) analüüsisialas.
 - c. Küsimustele vastamine ja ennustuste tegemine ning hiljem ennustuste paikapidavuse kontrollimine
 - d. Lisaülesanne 25cm/s liikumise saavutamiseks ja seda tõestavate andmete kuvamiseks. Teine lisaülesanne roboti ehitamiseks, mis mõõdab talle läheneva roboti kiirust. (Programmi näide olemas)
2. kuumus
- a. Video päikesejõul liikuvast robotist, millel on pikematel sõitudel probleem ülekuumenemisega.
 - b. Testide läbiviimine erinevate materjalide kuumakindluse kohta andmete kogumiseks
 - c. Küsimustele vastamine ja ennustuste tegemine ning vastavuse kontrollimiseks testide läbiviimine
 - d. Prototüübist puhuri ehitamine ja programmeerimine ning mõnele küsimusele vastamine (Programmi näide olemas)
3. heli
- a. Video tantsivast robotist ja tema tegevuse seotusest sageduse ja amplituudiga
 - b. Helianduri ehitamine ja kalibreerimine ning sel teemal enesekontrolli küsimustele vastamine (samal lehel on ka link küsimuste vastustele)
 - c. Põhiküsimustele töölehel vastamine, ennustuste tegemine ja nende paikapidavuse kontroll
 - d. Prototüübi ehitamine ja programmeerimine (programmi näide olemas) ning selle töö katsetamine
4. valgus ja värvid.
- a. Video torustiku kontrollimiseks valgusanduri abil, kus robot otsib ja parandab auke vm vigu torudes
 - b. Valgusanduri statiivi ehitamine ja selle andmete kogumine, kui seda on kasutatud musta triibu ja valge triibu kohal

- c. Küsimustele vastamine ja ennustused teiste värvide (roheline, sinine, punane, hall) lugemise kohta
- d. Mõned lisaküsimused, prototüübi ehitamine ja programmeerimine ning testkeskkonna ehitamine

Üks näide kuumuse kategooria toel rakenduses pakutavatest võimalustest on joonisel 13.



Joonis 13 Science and Data Logging komplekti õpetaja rakenduse ülevaade kuumusest

Viimases sektsioonis (*Project*) on antud komplekti projekt - sillaehitus. Sinna on lisatud üks video nõuetest, nn kliendi poolne probleemipüstitus (PDF) ja alustusideed (PDF).

Õpetaja osas on sarnaselt eelmistele komplektidele ettevalmistav materjal ja täpsem hinnang kui palju ja mille peale erinevates ülesannetes aega kulub. Siin komplektis on tunnikontrolli küsimused ja küsimuste vastused koos õppetüki kirjeldustega ühte dokumenti pandud. Väga spetsiifiline dokument on tootejuhise (Product Guide), kus on pikalt kirjeldatud eesmärke, tundide planeerimist, materjalide kasutust, klassiruumi ettevalmistust, tarkvara paigaldamist jpm. Lisaks on õpetaja rakenduses toetavaid materjale lõpuprojekti läbiviimise abistamiseks.

2. LEGO MINDSTORMS Education materjalide analüüs

Selleks, et otsustada, mis osa ingliskeelsetest materjalidest võiks kõige paremini sobida eestikeelsete õppetundide toeks, juhendatakse antud töös erinevatest aspektidest jaokaupa. Toetudes kvaliteedijuhistele [4], millele noorte õppematerjalid võiksid vastata, analüüsitakse eelmises peatükis kirjeldatud materjale ja selle põhjal antakse hinnang, milline osa ja miks, sobiks kõige paremini Eesti koolide õppematerjalide hulka. Ei hakata hindama kättesaadavuse aspekti, sest juba alguses on ära mainitud, et kõik materjalid on kasutatavad arvutites ja seetõttu ei saa selle parameetri järgi neid üksteisest erinevalt hinnata. Lisaks ei käsitleta eraldiseisvalt *Robotics Projects Themes* komponente, sest need on sisuliselt samad nagu *Robotics Engineering Vol 2* leiduvad.

Järgnevalt olgu nimekirjana ära toodud, milliseid aspekte hakatakse hindama:

1. Huvi - kas ja kuidas suudaks antud teemad ka õpilaste huvi hoida ning oleks neile võimalikult põnevalt esitatud?
2. Arusaadavus - kui lihtsalt mõistetavad on mingid materjalid ilma neid kuidagi muutmata? Sellega tugevalt seotud on ka järgmine analüüsipunkt. Mida lihtsamini mõistetavamad on materjalid juba algul, seda vähem on neid tõenäoliselt vaja muuta, et sobitada.
3. Eestindamise jõukohasus - kui palju kuluks hinnanguliselt aega ja miks, mingi materjali eestindamisele kas siis tõlkimise näol või mingil muul moel Eesti keelse õppega sobitamisel? Milline lahendus nõuaks kõige vähem inimeste- või ajaressurssi, milline kõige rohkem? (Selle ja eelmise punkti analüüs tehakse hiljem ühes osas selguse mõttes ja nende tugeva seotuse tõttu)
4. Asjakohasus / sobivus - Millised info esitamise vormid on sobivamad noorematele vanuserühmadele, millised sobiks paremini olemasolevatesse tunnikavadesse võimalusi arvestades (rohkem iseseisvat tööd või vähem, toimumiskoha riist- ja tarkvaraline varustatus jm)? Kas üldse sobib antud materjale kuidagi ära kasutada?

Selle analüüsi tulemusena tekib eelmises peatükis kirjeldatud materjali kohta komponendi põhine hinnang komplekti erinevate osade ja nende kasutusvõimaluste kohta, kas mingite teiste osadega koos või täiesti eraldivõetuna.

2.1 Huvi

Järgnevat aspekti analüüsitakse komplektikaupa, ilma õpetaja ja õpilase osa eristamata. *Robotics Engineering Vol 1* on mõeldud algajatele robotihuvilistele. Materjalid on läbi mõeldud ja see algajate tase ei pakuks edasijõudnutele enam kuigi palju huvi. Algajate puhul tuleb lisaks arvesse võtta nende ajalisi võimalusi. Projektid on ette nähtud 6 päevase kestvusega, sealjuures eeldusel, et iga päev on vähemalt üks 45-minutiline robotika õppetund. Materjal ei pruugi enam õpilastele huvitav olla, kui nad esialgse plaaniga nädalase projekti peavad läbima pikema aja jooksul, kus vahepeal õpitu meelest jõuab minna. Seetõttu tundub, et see materjal suudab huvi hoida õpilastes, kellel tund toimub vähemalt kolm korda nädalas. Lisaks ajalisele muutujale tuleb nende materjalide puhul arvesse võtta ka õpilase kannatlikkust, mis reeglina kasvab vanusega. Peaaegu kõik projektide esimese poole sammud on kirjeldatud erinevate videote abil, mis eeldab, et õpilasel on kannatlikkust jälgida ja piisavalt huvi, et praktilise osani oodata.

Robotics Engineering Vol 2 on samm edasi, neile kes on juba tegelenud esimese osaga. Rühmatöö sisu ja ootused siin projektides eeldavad õpilastelt ka rohkem vanust, vastutustunnet ja tugevamat loogilist järeldamisvõimet. Hea on see, et komplekt on jagatud kaheks, pakkudes lisaks eelmainitud raskustele ka lihtsamat versiooni igast projektist. Bakalaureuse IT tudengile, kes oskab programmeerimist paremini kui algtasemel, võiksid ka antud projektide lihtsamad versioonid olla üsna huvitavad. Keerulisemad versioonid oleksid samuti sel tasemel huvitavad, aga nõuaksid palju rohkem aega ja tähelepanu ning ressursikulukamad projektid ei pruugi alati nii suurt huvi tekitada. Liiatigi näitab praktika, et enamusele inimestest ei ole oma praktilise töö dokumenteerimine kõige meelepärased kohustus. Keskkooli tasemel keerulisemate projektiversioonide realiseerimiseks peaks kindlasti varuma rohkem aega ja nagu eelmiseigi komplekti puhul - tihedamalt kui kaks tundi nädalas robotikat - vastase juhul ei kaalu huvi vähem meeldivaid kohustusi üle.

Science and Data Logging pakub ülesandeid, mis kasutavad erinevalt ülejäänud komplektidest, mitte ainult programmeerimise vaid ka andmevarunduse tarkvara - *NXT 2.0 Data Logging*. Viis erinevat ülesannet annavad võimalusi erinevaid andureid kasutama õppida ja teha analüüsi kasutades selleks tarkvaralisi analüüsitööriistu. Peale läbi töötamist tundub see huvitav olevat

pigem vanemale vanuserühmale, kellel on piisavalt püsivust, et pidevalt logitavaid andmeid analüüsida ja videoid jälgida. Kõik viis ülesannet on eeltöoks, et lõpuks ette võtta mingi suurem arendustöö tiimi peale ja siin tuleb jälle suur osa tööst dokumenteerida ja võtta aega rühma jaoks. Usutavasti pakuks viis algset ülesannet huvi ka noorematele, aga viimane projekt võiks minna sellisele rühmale, kus on natuke vanemad õpilased (mitte enam põhikooli algaste, aga pigem kas põhikooli lõpp või keskkool), kellel on ka aega ja huvi millegi töömahukama ettevõtmise suhtes.

2.2 Arusaadavus / Jõukohasus

Nagu antud peatüki sissejuhatuses kirjeldatud, siis hindan siin kõige arusaadavamaks sellised osad, mis on kõige kergemini mõistetavad ilma midagi muutmata, ja vastupidi, kõige raskemaks selle, mis ilma midagi muutmata on kõige keerulisem või mille raskus säilib ka peale vähest mugandamist. Erinevalt huvi aspektist, ei käsitleta siin komplekte ainult tervikuna, vaid üritatakse leida nende komponentide eraldiseisva väärtuse mõistetavuse seisukohalt. Et säilitada ühtne struktuur, antakse komponentidele hinnang kolmepunkti süsteemis, kus 1 esindab kõige arusaadavamat materjali ning 3 kõige vähem mõistetavat.

1. Robotics Engineering Vol 1

- a. Baasteadmiste osas riistvara tutvustus - **hinnang 1**. Suur osa materjalidest seisneb illustatsioonides, mis on igas keeles üsna üheselt mõistetavad. Riistvaraosade rohkuse tõttu on rutiinset siltide tõlkimist siiski palju, kui seda komponenti otsustatakse selguse mõttes täielikult eestikeelseks teha.
- b. Robotikäitumiste tutvustus - **hinnang 2**. Programmi plokkide kirjeldused ja käitumiste nimed on võõrkeelsed ja siinkohal piltidest üksi ei piisa. Oluline on siiski ära mainida, et kui kõik eelmainitud tekstid oleks eestikeelsed, siis antud komponent sellises hinnanguskaala võrdluses saaks kasutajasõbralikkuse poolest hindeks 1. Sellest tulenevalt tasuks ajakulu antud komponendi eestindamisele end ära - jaotis ei sisalda palju kirjeldusi, sest põhiraskus on piltidel sellest, millised valikud on programmipalettidel tehtud ja millised plokid programmile lisatud, ning need viimased tõlkimist ei vaja.
- c. Töölehed - **hinnang 2**. Sama lugu, mis eelmises punktis. Töölehed on iseenesest lihtsad ja selged, aga keelebarjäär seab siinkohal kindlad piirangud.

- d. Õpetajale mõeldud PDF, teemal, mida peaks teadma enne robotika tunni läbiviimist - **hinnang 2**. Suur enamus dokumendist on lihtsalt tekst, mis eeldab keeleoskust ja ainult eesti keelega hakkama ei saa. Eestikeelsena oleks selle komponendi hinnang eelolevatele sarnaselt 1, sest materjal toetab tugevalt õpetaja valmidust õppetunnis edukalt hakkama saada ja ootamatusi vältida.
- e. Õppevideod - **hinnang 3**. Videod oma sisu poolest näitavad küll väga palju asju detailsusteni samm-sammult ära, aga seni, kuni selgitused ei ole arusaadavad, jääb sellest väheks. Näiteks roboti programmi loomise rakendust kasutades oleks siiski vaja teada, mida ja milleks tehakse, selle asemel et video järgi tuimalt samme seada ise kaasa mõtlemata.
- f. Ehitusjuhised - **hinnang 1**. Ainus koht, kus inglise keele oskust vaja läheb, on õige ehitusjuhendi nime valik ja ehitusosade ülevaade. Ülejäänud osa juhendist koosneb piltidest ja numbritest, mis on enamiku erinevate keelte puhul universaalsed.

2. Robotics Engineering Vol 2

- a. Väiksema raskusastmega osa - **Hinnang 2** ja pigem 1 kui 3 poole. Projektide lehtedele on lisatud keskmises koguses lisamaterjali - mitte liiga palju, et palju segadust tekitada, mitte ka nii vähe, et komponenti lihtsaks nimetada.
- b. Suurema raskusastmega osa - **Hinnang 3**. Nagu eelmises peatükis projekti jooniselt näha, siis ühele lehele/ vaatele on kokku pandud suures koguses informatsiooni. Et kiiremini lugejani või kuulajani jõuda, soovitatakse tihtipeale korraga vähem teavet jagada, sest üheaegselt infokoguse kasvuga toimub keerukuse kasv.
- c. Edasijõudnute osa (tsüklid jm) - **hinnang 2**. Kehtivad samad tingimused, mis *Robotics Engineering Vol 1* robotikäitumiste teemal kirjas.
- d. Projekti lisategevused - **hinnang 3**. Tegevused ise ei ole rasked, aga antud osa komplektist on natuke katkine. Nimelt lisategevuste detailvaatelt tagasi pöördudes, ei muudeta rakenduse aadressiriba (URL/ failitee) väärtust õigesti ja seetõttu avanevad antud tegevuse järel projekti lõputegevuste lehed katkisena.

3. Science and Data Logging

4. Iga projekti lõpurobot - **hinnang 3**. Keerukuse tase ei ole algaja oma ning kasutajalt oodatakse palju enda initsiatiivi. Ülesandest on siinkohal lihtne aru saada, aga täitmine tõstab keerukuse nii kõrgeks.
5. Lõpuprojekt sillaehitus - **hinnang 3**. Sarnaselt eelmisele punktile tõstab ülesande sisu keerukus ka ülejäänud komponendi keerukuse taset.
6. Videomaterjal - **hinnang 3**. Palju sisu jällegi ühte kohta kokku pandud ja suures jaos inglisekeelne. Ühe teema/projekti videote koguse tõttu võib projekti täitmine pisut venima hakata või huvipuudust tekitada. Antud komponent moodustab suure enamuse komplekti sisust ja antud töös uuritavatest materjalidest on üks ressursinõudlikumaid eestindamise seisukohalt. Samuti probleemne - vajalikuks võib osutuda *Adobe Flash Playeril* globaalsete sätete muutmine lisades kasutatavate materjalide kaustatee lubatud asukohtade nimekirja. Selline teguviis osutub vajalikus juhul, kui videomaterjali avamiseks mõeldud linkidele klikkides midagi ei juhtu.

2.3 Asjakohasus / Sobivus

Illustratiivsuse ja keerukuse kombinatsiooni aspektist sobib vaid *Robotics Engineering Vol 1*, kui algajate materjal, ka nooremale vanuserühmale, sest iga samm on detailselt ja näitlikult ette ära tehtud. Sisulisest sobivusest tuleb allpool juttu, aga olgu ära öeldud, et kõikide analüüsitava materjalide teemad jäävad suuremalt osalt pigem välja Eesti koolide põhikooli algastme teemadevalikust. Materjalide õppekavadesse sobivuse hindamiseks on kasutatud bakalaureusetöö kirjutamise hetkel kehtivat põhikooli ja gümnaasiumi riiklikku õppekava. Hindamisobjektideks on antud töö raames kirjeldatud komplektides sisalduvad projektid. Põhikooli ainetele sobivaid projekte teema vastavuse järgi võib näha tabelis 2 ja gümnaasiumi omi tabelis 3. Sobivus kavadesse selle põhjal, kui palju tunde nädalas antud aines toimub, on nähtav tabelis 4. Olgu ära märgitud, et viimati mainitud tabelis ühikuna kuvatud “nädalatund” ei tähenda otseselt tundide arvu nädalas ühes õppeaastas, vaid nädala tundide arvu antud õppeastmes (kestus 3 õppeaastat) ning nende jaotamine erinevatel õppeaastatel sõltub koolist. Minimaalseks sobilikuks õppetundide arvuks nädalas loetakse siin töös siiski 3 tundi, millest piisaks, et toetada õppekavade teemasid ja ühtlasi säilitada õpilaste huvi (nagu mainitud ka eespool)

Tabel 2 Bakalaureusetöös uuritavate materjalide projektide sobivus põhikooli antud hetkel kehtivate ainekavadega sisu järgi

	Ainekava	Teema	Projekt
I kooliaste (1-3 klass)	Loodusteadused [5]	Mõõtmine ja võrdlemine	<i>Robotics Engineering Vol 1</i> projekt1
		Liikumine	<i>Robotics Engineering Vol 1</i> projekt1
II kooliaste (4-6 klass)	Loodusteadused	Mets elukeskkonnana	<i>Robotics Engineering Vol 2</i> puumõõtja robot
III kooliaste (7-9 klass)	Füüsika [5]	Valgusõpetus	<i>Robotics Engineering Vol 2</i> valvekoer robot
		Mehaanika - liikumine ja jõud	<i>Robotics Engineering Vol 1</i> projekt1
		Mehaanika - kehade vastastikmõju	<i>Robotics Engineering Vol 2</i> puumõõtja robot
		Mehaanika - võnkumine ja laine	“ <i>Robotics Engineering Vol 1</i> ” projekt 3, projekt 5 “ <i>Robotics Engineering Vol 2</i> ” kaevandusrobot <i>Science and Data Logging</i> tantsurobot
		Soojusõpetus. Tuumaenergia	<i>Science and Data Logging</i> tutvustusprojekt, solaarrobot

Tabel 3 Bakalaureusetöös uuritavate materjalide projektide sobivus gümnaasiumisse antud hetkel kehtivate ainekavadega sisu järgi

	Ainekava	Teema	Projekt
II kursus	Füüsika [6]	Kinemaatika (liikumine ja kiirendamine)	“ <i>Robotics Engineering Vol 1</i> ” projekt 1, projekt 6

III kursus			<i>Science and Data Logging</i> autojuhtimise robot
		Dünaamika (pöördenurk)	“ <i>Robotics Engineering Vol 1</i> ” projekt 2
		Võnkumised ja lained	“ <i>Robotics Engineering Vol 1</i> ” projekt 3, projekt 5 “ <i>Robotics Engineering Vol 2</i> ” kaevandus robot <i>Science and Data Logging</i> tantsurobot
		Valguse ja aine vastastikmõju	<i>Science and Data Logging</i> torukontrolli robot
IV kursus		Soojusnähtused	<i>Science and Data Logging</i> tutvustusprojekt, solaarrobot

Tabel 4 Bakalaureusetöös uuritavate materjalide projektide sobivus kooli antud hetkel kehtivate ainekavade ga nädalas toimuvate tundide arvu järgi

	Aine	Tundide[5][6] / kursuste arv (üks kursus on 35 õppetundi [7])
Põhikooli I kooliaste	loodusõpetus	3 nädalatundi
Põhikooli II kooliaste	loodusõpetus	7 nädalatundi
Põhikooli III kooliaste	loodusõpetus	2 nädalatundi (7. klassis)
Gümnaasium	füüsika	4 nädalatundi (8. ja 9. klassis)
	füüsika	5 kursust

Ülaltoodud tabelite põhjal on näha, et Eesti ainekavades leidub sobilikke teemasid, millega erinevaid robotikaprojekte siduda. Sellest tulenevalt võiks kaaluda robotika ainetundidele lisaks võimalust läbi viia üksikuid projekte just konkreetse teema läbimisel näiteks füüsika

tunnikavades. Sellisel moel saaks robotitega toetada õpinguid ka siis, kui kool robotikat eraldi ainenähtude ei taha.

Tabelitest selgub ka veel, et põhikooli II kooliastme jaoks antud komplektidest midagi leida on pea võimatu. Selles kooliastmes veel füüsikatunde pole ja loodusteaduste aines räägitakse pigem geograafia või bioloogia teemadel. Metsa elukeskkonnaga on tabelis 2 küll seotud üks projekt, aga füüsikaliste teadmiste eelduse poolest pole selles suuremat potentsiaali antud eagrupid sobida.

3. Näidistunnikava

Tunnikava koostamisel tuginetakse struktuuri ja sisu loomisel antud töös internetis leiduvatele soovitudele [9] [10] ning kehtivale riiklikule põhikooli [5] loodusteaduste ainekavale.

- **TUND:** 2 (mõlema tunni kestus 45 minutit)
- **PEALKIRI:** LEGO MINDSTORMS NXT roboti liikumisega tutvumine
- **AINE:** Füüsika
- **ALATEEMA:** Liikumine ja jõud looduses ning tehnikas
- **KLASS/VANUS:** Põhikooli III kooliaste (8.-9. klass)
- **TASE:** Kesktase
- **AUTOR:** Gajali Veeroja
- **EESMÄRK:**
 - Füüsika mõiste *liikumine* tundmaõppimine
 - LEGO MINDSTORMS NXT roboti tundmaõppimine
 - roboti programmeerimise oskuse arendamine
 - koostööoskuse arendamine
 - loogilise seostamise arendamine
- **ÕPIOSKUSED:** [5] peale selle tunni läbimist õpilane:
 - kirjeldab nähtuse *liikumine* olulisi tunnuseid ja seost teiste nähtustega;
 - kirjeldab erinevaid põhjuseid, mis võivad takistada roboti liikumist

- Teab põhilisi mootori ploki (*Movement Block*) liikumismustreid: Ühe mootori (B) käivitamine, teise mootori (C) käivitamine, mingi tegevuse möödumise ootamine, mootori B seiskamine, mootori C seiskamine
- Oskab LEGO MINDSTORMS NXT-sse arvutist liigutada programmi ja seda käivitada
- Oskab programmeerida robotit tagurpidi liikuma
- Oskab programmeerida kahte tegevust järjest
- **MÕISTED:** algoritm, robotkäitumised, plokk (programmeerimises), kood (programmeerimises), kompilaator, port, muutuja, allalaadimine, NXT, andur
- **ÕPILASTE EELTEADMISED JA -OSKUSED:** baastasemel arvutikasutus oskus
- **EELNEVALT VAJALIKUD TEGEVUSED**
 - **ÕPETAJALE:** igale rühmale Taskbot või REM roboti valmishitamine, LEGO MINDSTORMS NXT programmeerimise tarkvara paigaldamine arvutiklassi arvutitesse, *Robotics Engineering Vol 1* paigaldamine arvutiklassi arvutitesse, presentatsiooni ettevalmistus (valikuline), NXT patareide laadijate valmisoleku tagamine, õpilaste vastava osa õppematerjaliga tutvumine, jälgimine, et klassis leiduks piisavalt liikumisruumi roboti käitumise proovimiseks.
 - **ÕPILASELE:** arvutiklassi eeskirjadega tutvumine
- **TUNNIKS VAJALIKUD MATERJALID, VAHENDID, TARKVARA JA VEEBIAADRESSID:** õpperobot (Taskbot või REM mudel), LEGO MINDSTORMS NXT programmeerimise tarkvara ja *Robotics Engineering Vol 1* (REV1) rakendusega varustatud arvuti (1. projekt “*Full Speed Ahead*”), presentatsioon (kui kasutatakse, siis üks võimalik variant on REV1 materjalidega kaasas olev esitlus), projektor (kui kasutatakse presentatsiooni), töölehed (REV1), kõlarid (kui kasutatakse õppevideoid), must teip (kui tehakse lisaülesannet)

- **TUNNI KÄIK:**

Tabel 5 Kiiruse teemalise LEGO MINDSTORMS NXT robotikatunni käik

Aeg : minutid	Tunni osad: Õpetaja tegevus	Tunni osad: Õpilase tegevus	Märkused
2	I TUNNI ORGANISEERIMINE Tervitus, tunni teema tutvustamine, informeerimine hilisemast grupitööst	Kohtade leidmine, kuulamine	
10	II HÄÄLESTUS Sissejuhatus teemasse presentatsiooniga (kuni slaidini nr 5 – viimane kaasaarvatud)	Jälgimine, valiku tegemine, vastusevariantide pakkumine, kaasamõtlemine, arutelu	
3	III UUS OSA Mõistete <i>robot ja programmeerimine</i> lähem tutvustus (presentatsioon slaidid 6 – 8 ka.), vajadusel kontrollküsimused veendumaks et kõik said aru	Kuulamine, kaasamõtlemine, vastusevariantide pakkumine, küsimuste küsimine	
10	IV ETTEVALMISTUS RÜHMATÖÖKS (Presentatsioon slaidid 9 – 15), Kontroll lõpuosas, et igal rühmal oleks üks robot ja tööleht	Kuulamine, kaasamõtlemine, küsimuste küsimine, 2-4 liikmelisteks rühmadeks jagunemine osa lõpus	2 minutit mõeldud rühmadesse jagunemiseks, aja kokkuhoiu mõttes võib õpetaja ise rühmadeks jagada

35	V RÜHMATÖÖ Demonstratsioon, kuidas avada <i>Robotics Engineering Vol I</i> õpperakenduse 1. projekti osa, programmeerimise rakenduse käivitamine ja sissejuhatus	Õpetaja järgimine vajaliku rakenduse avamiseks, ülesannete täitmine, tiimitöö, programmi loomine, loodud programmi robotisse allalaadimine, programmi käivitamine, roboti peatamine soovitud hetkel, töölehtede täitmine, õiglane ja ajasäästlik tööjaotus	Programmeerimise tarkvara tutvustus on eriti oluline, kui õppematerjalis sellekohased videod puuduvad (ei kasutata)
	VI LISAÜLESANNE Nendel rühmadel, kes varem valmis või rohkem huvitatud vm põhjendus, lisaülesande teostada aitamine (roboti tagurpidi ja ühe korraga edasi-tagasi liikumine)	Lisaülesande sooritamine, kui aega on	Võib juhtuda, et seda tegevust jõuab teha sellise rühmaga, kellel on varasem kokkupuude antud teemadega
10	VI KINNISTAMINE Abistamine töölehtedega ja järelduste tegemisega, õpilaste informeerimine allesjäänud ajast	Kaasõpilaste abistamine, küsimuste küsimine, töölehtede täiendamine, arutelu	
	VII TUNNI LÕPETAMINE Töölehtede ja robotite kokku korjamine, viimastele küsimustele vastamine	Kontroll, et kõigi rühma liikmete nimed oleks töölehel olemas, oma töökoha korrastamine	Jääb õpetaja otsustada, kas lasta õpilastel tunni lõpus robotid ühte kokku koguda, või ise need hiljem üle vaadata ja kokku korjata
5			

Kokkuvõte

Töö käigus selgus, et materjale pole nii palju kui esmapilgul tundub, sest *Robotics Projects Themes* komplekt kujutab endast sisuliselt *Robotics Engineering Vol 2* lihtsustatud versiooni – juhendmaterjalide kogus jäi aga sellegipoolest märkimisväärseks. Materjale annaks edukalt kasutada ka Eesti õppekavades, aga enamus nendest ei oleks täiesti ilma midagi muutmata kasutatavad, kui õpilasel puudub inglise keele oskus. Lisamure seisnes ka tähelepanekus, et põhikooli teisele astmele on raske, kui et pea võimatu, leida mingit projekti, mis kattuks nende ainekavadega või teemasid otseselt toetaks. Hea oleks, kui antud tööst tekiks veel tunnikavu lisaks ülalolevale, sest kasulikku materjali on palju. Võib-olla selguks, et keskendudes rohkem matemaatika teemadele, annaks midagi asjalikku ja huvitavat leida ka teisele õppeastmele.

Emotsioon antud tööst on üldjoontes positiivne, kuigi tekkis probleeme .ISO failide avamisega, mistõttu olin sunnitud need lõpus lihtsalt lahti pakkima. Juhtus ka teisi ebameeldivaid üllatusi mõne kohaga töötades, aga lõpphinnang materjalide kasutajamugavusele ja meeldivusele on kõrge. Loodan, et need inimesed, kes hakkavad tegelema materjalide eestindamisega, saavad huvitava, kasuliku ja toreka kogemuse osaliseks.

An overview of international school robotics teaching material and possibilities for making it suitable for use in Estonian education.

Bachelor thesis

Gajali Veeroja

Summary

During the research phase of LEGO MINDSTORMS NXT study materials, it turned out, that there was not as much material to go through as it had seemed at first. This was due to the fact, that the Robotics Projects Themes package was basically the same, as the easier version of Robotics Engineering Vol 2. The amount of the material was nevertheless remarkable. All of these materials can be successfully used in Estonian courses, but most of them would not be of any good, if nothing of them is translated or in some other way altered to fit better – at least if the users won't know any English. An additional problem turned out to be finding the suitable material for the second level (secondary school) knowledge, since there were hardly any subjects that discussed something involving the NXT projects. Still, and thus even more, it would be good, if many more lesson plans were made to use all fitting material. Maybe in that process it would turn out, that there are after all some areas that can be addressed for example in mathematics.

The emotion after this job remains positive, even though there were some problems regarding the .ISO files and some unpleasant surprises during the research of materials. In conclusion, the usability and pleasantness of the materials weights out bad experiences. I sincerely hope that people, who will be working with fitting the materials to Estonian needs, will have an interesting, useful and a pleasant experience also.

Kasutatud kirjandus

(Viimane külastuskuupäev kõigi materjalide puhul 15.05.2012)

1. <http://mindstorms.lego.com>
2. http://www.legoeducation.us/eng/categories/products/elementary/lego-mindstorms-education/_/characteristics/productType~Books
3. <http://www.cmu.edu/homepage/beyond/2007/winter/carnegie-mellon-partners-with-lego.shtml>
4. http://mitteformaalne.ee/assets/files/Veebimaterjalid/oppematerjalide_kvaliteet.pdf
5. https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1200/9201/1009/VV1_lisa4.pdf
6. https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1200/9201/1002/VV2_lisa4.pdf
7. <https://www.riigiteataja.ee/akt/120092011002>
8. <http://raju.cs.ut.ee/loputood/>
9. <http://www.hot.ee/k/kasiraamat/lehed/leht6.htm>
10. <http://www.rak.edu.ee/opiobjektid/visiitkaardid/tunnikava.htm>